

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/006840

International filing date: 31 March 2005 (31.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-102736  
Filing date: 31 March 2004 (31.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 26 May 2005 (26.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

26. 4. 2005

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 4 年 3 月 3 1 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 1 0 2 7 3 6

パリ条約による外国への出願  
に用いる優先権の主張の基礎  
となる出願の国コードと出願  
番号  
The country code and number  
of your priority application,  
to be used for filing abroad  
under the Paris Convention, is

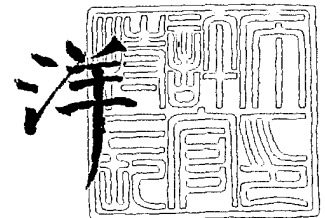
J P 2 0 0 4 - 1 0 2 7 3 6

出 願 人  
Applicant(s): 独立行政法人産業技術総合研究所

2 0 0 5 年 4 月 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2004000209  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01P 21/00  
【発明者】  
    【住所又は居所】 茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所  
                        つくばセンター内  
                        梅田 章  
【特許出願人】  
    【識別番号】 301021533  
    【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所  
    【代表者】 吉川 弘之  
    【電話番号】 029-861-3280  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

並進運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、加速度を検出する少なくとも 1 つのセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸を、前記振動の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法。

**【請求項 2】**

並進運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、並進加速度と回転角速度および回転角加速度の少なくとも 1 つとを検出するセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の 3 軸直交座標系の座標軸を、前記振動の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法。

**【請求項 3】**

加速度を検出するセンサであって、当該センサのケーシングが、前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の 2 個以上の座標軸に垂直な面を有することを特徴とする加速度を検出するセンサ。

**【請求項 4】**

前記センサは請求項 3 のセンサであり、前記計測装置は、前記センサの前記面にレーザを照射するレーザ干渉計を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のセンサの横感度を計測する方法。

**【請求項 5】**

前記センサは請求項 3 のセンサであり、前記計測装置は、前記センサの前記面にレーザを照射するレーザ干渉計を含むことを特徴とする請求項 2 に記載のセンサの横感度を計測する方法。

**【請求項 6】**

加速度を検出する  $N$  ( $N$ : 2 以上の整数) 個のセンサを組み合わせる加速度の  $N$  成分を求める際に、各センサの出力に、請求項 1 または 4 の方法を前記各センサに適用して求めた当該センサの主軸感度と横感度とからなる感度マトリックスの逆マトリックスをかけることによって、加速度の検出精度を向上させることを特徴とする加速度計測方法。

**【請求項 7】**

少なくとも 2 軸の加速度を検出するセンサによって加速度を求める際に、当該センサの出力に、請求項 1, 2, 4 および 5 のいずれかの方法を前記センサに適用して求めた当該センサの主軸感度と横感度とからなる感度マトリックスの逆マトリックスをかけることによって、加速度の検出精度を向上させることを特徴とする加速度計測方法。

**【請求項 8】**

加速度を検出するセンサであって、当該センサのケーシングが、前記センサの回転軸を含む面上かまたは当該回転軸と平行な面上に形成された照射面を有することを特徴とする加速度を検出するセンサ。

**【請求項 9】**

加速度を検出するセンサであって、当該センサのケーシングが、前記センサの回転軸回りの回折格子を有することを特徴とする加速度を検出するセンサ。

**【請求項 10】**

回転振動運動を発生する一軸振動台の回転中心上にその回転軸が位置するように固定さ

れた請求項 8 のセンサに前記振動台によって回転振動を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサの前記照射面の二箇所にレーザ干渉計からのレーザを各々照射して得られた振動角速度または振動角加速度の計測値とを、請求項 1, 2, 4 および 5 のいずれかの方法において横感度を計算する際に参照することを特徴とするセンサの横感度を計測する方法。

【請求項 11】

回転振動運動を発生する一軸振動台の回転中心上にその回転軸が位置するように固定された請求項 9 のセンサに前記振動台によって回転振動を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサの前記回折格子にレーザ干渉計からのレーザを照射して得られた角速度振動または角加速度振動の計測値とを、請求項 1, 2, 4 および 5 のいずれかの方法において横感度を計算する際に参照することを特徴とするセンサの横感度を計測する方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法および加速度計測方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法および加速度計測方法に関するものであり、本発明の属する技術の分野は、運動の計測が必要不可欠な分野、たとえば車両衝突安全、自動車サスペンション制御、ロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器、情報機器、人体の振動に対する応答の計測、環境振動において、加速度を計測する分野である。

【背景技術】

【0002】

加速度を検出するセンサとしては、加速度センサおよび慣性センサなどが知られており、本発明では、ジャイロ機能、角加速度測定機能を含む半導体加速度計をも対象とする。以下、特に断らない限りは、加速度を検出するセンサとして、加速度計／加速度センサという文言を用いて説明する。

【0003】

図1は、現状広く行われている加速度計／加速度センサの校正方法を示している。国際規格でいうと、ISO16063-11, ISO5347 part1に記述されている方法である。図2は、ISO5347 Part11に記述されている横感度を計測する方法である。

【0004】

図1の(a)に示す方法は、シングルエンドの一軸加速度センサ(加速度計)1を一軸振動台2のテーブルに取り付け、一軸振動台2の運動の方向と一軸加速度センサ1の感度軸を一致させて、取り付けたテーブルの運動をレーザ干渉計(不図示)で測定し、レーザ干渉計で測定した結果と、加速度センサ1の出力とを比較して校正する方法である。これは一次校正法として機能する。なお、シングルエンド加速度計とは、取り付け面が一つしかない加速度計を言う。ダブルエンド加速度計とは、取り付け面が2つあり、バックツーバック結合できる校正用加速度計を表す。

【0005】

図1の(b)に示す方法は、ダブルエンドの一軸加速度センサ(加速度計)3を一軸振動台2のテーブルに取り付け、一軸振動台の運動の方向と一軸加速度センサ3の感度軸を一致させて、取り付けたテーブルの運動をレーザ干渉計で測定し、レーザ干渉計で測定した結果と、加速度センサ3の出力とを比較して校正する方法である。これも、一次校正法として機能する。

【0006】

図1の(c)に示す方法は、図1の(b)の方法で校正されたダブルエンドの参照加速度センサ3の感度軸と校正対象の加速度センサ1の感度軸を一致させて直列に結合し、振動台の運動方向の軸と一致させて運動させて、参照加速度計3と校正対象の加速度計1の出力とを比較して校正する方法である。これは、二次校正法として機能する。

【0007】

図2に示す非特許文献1に記載の横感度の求めかたを説明する。

【0008】

加速度センサ1の感度軸に垂直な平面内で振動加速度  $A \sin \omega t$  (図中、矢印4で示す)を加える。求めた感度を、主軸感度で正規化して求めるのが、横感度である。ISO規格によると、 $\theta$  (加速度センサ1の感度軸に垂直な平面内で加速度センサ1の基準位置に付けたマーキング5と振動加速度4の方向との間の角度)を変化させて横感度を求め、最大値が得られたときの横感度の値とそのときの角度  $\theta_{\max}$  と、最小値が得られたときの横感度の値とそのときの角度  $\theta_{\min}$  とを報告するように、定めている。要するに、非特許文献1では、横感度パラメータの個数は1個である。

【0009】

【非特許文献1】ISO5347-11:1993 Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups - Part 11: Testing of transverse vibration sensitivity

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上述した図1に示す方法における問題点は次の通りである。まず、問題なのは、ISO2041 Vibration and shock terminologyに記述されているように、加速度計／加速度センサは加速度を計測するデバイスであり、初等物理学が教えるとおおり、また同規格にも書かれているように、加速度はベクトル量である。これに対し、図1に示す方法は、ベクトルでの校正でないことは、明かである。その理由は、ベクトルとは大きさと方向を持つ量であるのに対して、図1に示す方法では方向の情報を最初から加速度センサに与えているからである。にもかかわらず、国際度量衡局が行った国際比較においても図1に示す方法が用いられ、4桁目、5桁目にやっと違いが出るほどの高精度であるとの結果になったが、これが加速度計／加速度センサの計測精度を保証するものと、一般的に理解されていることである。これは明らかに誤りである。しかし、我が国においてすら、『工業的には振動計測と加速度計測は殆ど同じである』との見解が公に示される通り、混乱を増幅こそすれ、正しい理解を産業界に求めるどころの騒ぎではない、という状況が続いている。

【0011】

加速度を計測するということは、加速度という物理量がベクトルである以上は、大きさと方向を計測することではなければならない。その理由は、加速度計はISO2041 vibration and shock - vocabulary が述べるように、加速度を計測するデバイスだからである。したがって、図2に示す手法では、パラメータの個数が1個であるので、大きさと方向を計測することはできない。

【0012】

そこで本発明の目的は以上のような問題を解消した加速度を検出するセンサの感度を計測する方法および加速度計測方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一態様は、並進運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、加速度を検出する少なくとも1つのセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸を、前記振動の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする。

【0014】

また、本発明の別の態様は、並進運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、並進加速度と回転角速度および回転角加速度の少なくとも1つとを検出するセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の3軸直交座標系の座標軸を、前記振動の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする。

【0015】

ここで、前記センサは、当該センサのケーシングを、前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の2個以上の座標軸に垂直な面を有することができる。

【0016】

また、前記計測装置は、前記センサの前記面にレーザを照射するレーザ干渉計を含むことができる。

## 【0017】

さらに、前記センサは、当該センサのケーシングを、前記センサの回転軸を含むかまたは当該回転軸と平行な面を有することとすることができる。

## 【0018】

さらに、回転振動運動を発生する一軸振動台の回転中心上にその回転軸が位置するように固定された前記回転軸を含むかまたは当該回転軸と平行な面を有するセンサに前記振動台によって回転振動を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサの前記面の二箇所にレーザ干渉計からのレーザを各々照射して得られた角速度振動または角加速度振動の計測値とを、前記いずれかの方法において横感度を計算する際に参照することができる。

## 【0019】

さらに、前記センサは、当該センサのケーシングを、前記センサの回転軸回りの回折格子を有することとすることができる。

## 【0020】

さらに、回転振動運動を発生する一軸振動台の回転中心上にその回転軸が位置するように固定された前記回転軸回りの回折格子を有するセンサに前記振動台によって回転振動を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサの前記回折格子にレーザ干渉計からのレーザを照射して得られた角速度振動または角加速度振動の計測値とを、前記いずれかの方法において横感度を計算する際に参照することができる。

## 【0021】

さらに、加速度を検出する $N$  ( $N$ : 2以上の整数) 個のセンサを組み合わせることで加速度の $N$ 成分を求める際に、各センサの出力に、前記いずれかの方法を前記各センサに適用して求めた当該センサの主軸感度と横感度とからなる感度マトリックスの逆マトリックスをかけることによって、加速度の検出精度を向上させることができる。

## 【0022】

さらに、少なくとも2軸の加速度を検出するセンサによって加速度を求める際に、当該センサの出力に、前記いずれかの方法を前記センサに適用して求めた当該センサの主軸感度と横感度とからなる感度マトリックスの逆マトリックスをかけることによって、加速度の検出精度を向上させることができる。

## 【0023】

なお、本発明においては、感度マトリックスを以下の通りに定義した。

まず、加速度をベクトルとして計測するためには、加速度センサの数学的定義を考える必要がある。

## 【0024】

図3は、加速度センサの機能の数学的定義を説明する図である。図3に示すように、加速度計／加速度センサの数学的機能は、実運動空間にあるベクトルである加速度の集合（ベクトル空間）を、電気信号が表す加速度の集合（ベクトル空間）に射影することである。ベクトル空間をベクトル空間に射影するのは、線形性を仮定する限りは、数学的にはマトリックスであるから、物理的に変換の割合を表す感度はマトリックスにならねばならない。したがって、感度を表すマトリックスの全ての成分を求めることによって加速度を検出するセンサを正しく校正することができることになる。

## 【0025】

（加速度センサが一軸の場合）

加速度センサが一軸の場合には、加速度センサの出力軸は1つで感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

## 【0026】



## 【数 1】

$$(s_{xx} \ s_{xy} \ s_{xz})$$

(1)

## 【0027】

(1)式では、出力軸を、X軸としており、 $s_{xx}$  は、X軸入力（すなわち、加速度の方向がX軸方向であることを意味する。以下同様）に対するX軸出力（すなわち、加速度センサの出力を意味する。以下同様）の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 $s_{xy}$  は、Y軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{xz}$  はZ軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度である。

## 【0028】

（加速度センサが二軸の場合）

加速度センサが二軸の場合には、加速度センサの出力軸は2つで感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

## 【0029】

## 【数 2】

$$\begin{pmatrix} s_{xx} & s_{xy} & s_{xz} \\ s_{yx} & s_{yy} & s_{yz} \end{pmatrix}$$

(2)

## 【0030】

(2)式では、出力軸を、第1の軸はX軸と第2の軸はY軸としている。第1の軸に関して、 $s_{xx}$  は、X軸入力に対するX軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 $s_{xy}$  は、Y軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{xz}$  はZ軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度である。第2の軸に関して、 $s_{yx}$  は、X軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 $s_{yy}$  はY軸入力に対するY軸出力の割合を表すので主軸感度、 $s_{yz}$  はZ軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度である。

## 【0031】

（加速度センサが三軸の場合）

加速度センサが三軸の場合には、加速度センサの出力軸は3つで感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

## 【0032】

## 【数 3】

$$\begin{pmatrix} s_{xx} & s_{xy} & s_{xz} \\ s_{yx} & s_{yy} & s_{yz} \\ s_{zx} & s_{zy} & s_{zz} \end{pmatrix}$$

(3)

## 【0033】

(3)式では、出力軸を、第1の軸はX軸、第2の軸はY軸と第3の軸はZ軸としている。第1の軸に関して、 $s_{xx}$ は、X軸入力に対するX軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 $s_{xy}$ は、Y軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{xz}$ はZ軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度である。第2の軸に関して、 $s_{yx}$ は、X軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 $s_{yy}$ はY軸入力に対するY軸出力の割合を表すので主軸感度、 $s_{yz}$ はZ軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度である。第3の軸に関して、 $s_{zx}$ はX軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度であり、 $s_{zy}$ はY軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 $s_{zz}$ はZ軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので、主軸感度である。

#### 【0034】

(加速度センサが四軸の場合)

加速度センサが四軸の場合には、加速度センサの出力軸は4つで感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

#### 【0035】

【数4】

$$\begin{pmatrix} s_{xx} & s_{xy} & s_{xz} & s_{xp} \\ s_{yx} & s_{yy} & s_{yz} & s_{yp} \\ s_{zx} & s_{zy} & s_{zz} & s_{zp} \\ s_{px} & s_{py} & s_{pz} & s_{pp} \end{pmatrix}$$

(4)

#### 【0036】

(4)式では、出力軸を、第1の軸はX軸、第2の軸はY軸、第3の軸はZ軸、第4の軸はp軸としている。第1の軸に関して、 $s_{xx}$ は、X軸入力に対するX軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 $s_{xy}$ は、Y軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{xz}$ はZ軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{xp}$ はp軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度である。第2の軸に関して、 $s_{yx}$ は、X軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 $s_{yy}$ はY軸入力に対するY軸出力の割合を表すので主軸感度、 $s_{yz}$ はZ軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{yp}$ はp軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度である。第3の軸に関して、 $s_{zx}$ はX軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度であり、 $s_{zy}$ はY軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 $s_{zz}$ はZ軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので主軸感度、 $s_{zp}$ はp軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度である。第4の軸に関して、 $s_{px}$ はX軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{py}$ はY軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{pz}$ はZ軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{pp}$ はp軸入力に対するp軸出力の割合を表すので主軸感度である。

#### 【0037】

(加速度センサが五軸の場合)

加速度センサが五軸の場合には、加速度センサの出力軸は5つで感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

#### 【0038】

## 【数 5】

$$\begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} & S_{xp} & S_{xq} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} & S_{yp} & S_{yq} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} & S_{zp} & S_{zq} \\ S_{px} & S_{py} & S_{pz} & S_{pp} & S_{pq} \\ S_{qx} & S_{qy} & S_{qz} & S_{qp} & S_{qq} \end{pmatrix}$$

(5)

## 【0039】

(5)式では、出力軸を、第1の軸はX軸、第2の軸はY軸、第3の軸はZ軸、第4の軸はp軸、第5の軸はq軸としている。第1の軸に関して、 $S_{xx}$ は、X軸入力に対するX軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 $S_{xy}$ は、Y軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{xz}$ はZ軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{xp}$ はp軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{xq}$ はq軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度である。第2の軸に関して、 $S_{yx}$ は、X軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 $S_{yy}$ はY軸入力に対するY軸出力の割合を表すので主軸感度、 $S_{yz}$ はZ軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{yp}$ はp軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{yq}$ はq軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度である。第3の軸に関して、 $S_{zx}$ はX軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度であり、 $S_{zy}$ はY軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 $S_{zz}$ はZ軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので主軸感度、 $S_{zp}$ はp軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{zq}$ はq軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度である。第4の軸に関して、 $S_{px}$ はX軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{py}$ はY軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{pz}$ はZ軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{pp}$ はp軸入力に対するp軸出力の割合を表すので主軸感度、 $S_{pq}$ はq軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度である。第5の軸に関して、 $S_{qx}$ はX軸入力に対するq軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{qy}$ はY軸入力に対するq軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{qz}$ はZ軸入力に対するq軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{qp}$ はp軸入力に対するq軸出力の割合を表すので横感度、 $S_{qq}$ はq軸入力に対するq軸出力の割合を表すので主軸感度である。

## 【0040】

(加速度センサが六軸の場合)

加速度センサが六軸の場合には、加速度センサの出力軸は6つで感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

## 【0041】

## 【数 6】

$$\begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} & S_{xp} & S_{xq} & S_{xr} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} & S_{yp} & S_{yq} & S_{yr} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} & S_{zp} & S_{zq} & S_{zr} \\ S_{px} & S_{py} & S_{pz} & S_{pp} & S_{pq} & S_{pr} \\ S_{qx} & S_{qy} & S_{qz} & S_{qp} & S_{qq} & S_{qr} \\ S_{rx} & S_{ry} & S_{rz} & S_{rp} & S_{rq} & S_{rr} \end{pmatrix}$$

(6)

## 【0042】

(6)式では、出力軸を、第1の軸はX軸、第2の軸はY軸、第3の軸はZ軸、第4の軸はp軸、第5の軸はq軸、第6の軸はr軸としている。第1の軸に関して、 $s_{xx}$ は、X軸入力に対するX軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 $s_{xy}$ は、Y軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{xz}$ はZ軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{xp}$ はp軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{xq}$ はq軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{xr}$ はr軸入力に対するX軸出力の割合を表すので横感度である。第2の軸に関して、 $s_{yx}$ は、X軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 $s_{yy}$ はY軸入力に対するY軸出力の割合を表すので主軸感度、 $s_{yz}$ はZ軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{yp}$ はp軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{yq}$ はq軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{yr}$ はr軸入力に対するY軸出力の割合を表すので横感度である。第3の軸に関して、 $s_{zx}$ はX軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度であり、 $s_{zy}$ はY軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 $s_{zz}$ はZ軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので主軸感度、 $s_{zp}$ はp軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{zq}$ はq軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{zr}$ はr軸入力に対するZ軸出力の割合を表すので横感度である。第4の軸に関して、 $s_{px}$ はX軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{py}$ はY軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{pz}$ はZ軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{pp}$ はp軸入力に対するp軸出力の割合を表すので主軸感度、 $s_{pq}$ はq軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{pr}$ はr軸入力に対するp軸出力の割合を表すので横感度である。第5の軸に関して、 $s_{qx}$ はX軸入力に対するq軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{qy}$ はY軸入力に対するq軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{qz}$ はZ軸入力に対するq軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{qp}$ はp軸入力に対するq軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{qq}$ はq軸入力に対するq軸出力の割合を表すので主軸感度、 $s_{qr}$ はr軸入力に対するq軸出力の割合を表すので横感度である。第6の軸に関して、 $s_{rx}$ はX軸入力に対するr軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{ry}$ はY軸入力に対するr軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{rz}$ はZ軸入力に対するr軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{rp}$ はp軸入力に対するr軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{rq}$ はq軸入力に対するr軸出力の割合を表すので横感度、 $s_{rr}$ はr軸入力に対するr軸出力の割合を表すので主軸感度である。

#### 【0043】

各軸において、対角成分は、x, y, z, p, q, r 各軸方向の並進加速度もしくは角加速度の入力と、当該の出力端子からの出力信号を用いて求められるので、ここでは述べない。また、軸数の中で、並進加速度検出の自由度がいくつで、回転角加速度の検出の個数がいくつになるかは、予め決まっているわけではないことに注意する必要がある。4軸の加速度センサで、回転角加速度検出の自由度が3で、並進角加速度の検出の自由度が1ということが在りうる事が重要である。並進加速度を1つでも検出する自由度がある限り、横感度特性があり、それを表す横感度がある。本発明によって、その横感度を、高価な装置を用いずに、求めることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0044】

発明の効果は、以下の通りである。

(1) 簡単な構造の一軸振動台と治具とを用いて加速度を検出するセンサのマトリックス感度を計測することができる。

#### 【0045】

(2) 一般的には、加速度計測の精度が向上する。その理由を以下に説明する。

3 軸の加速度計を、三次元空間の並進加速度運動の測定に使うとする。その際、マトリックス感度は、以下の式で定義される。

【0046】

【数7】

$$\begin{pmatrix} V_{ox}(t) \\ V_{oy}(t) \\ V_{oz}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix}(t) \\ a_{iy}(t) \\ a_{iz}(t) \end{pmatrix}$$

(7)

【0047】

簡単のために、感度マトリックスの対角成分がすべて1であり、横感度が $\varepsilon$ %であったとする。

【0048】

横感度を無視すると、(1, 1, 1)方向の加速度入力X成分、Y成分、Z成分を $\tau$ に対して、出力信号としての加速度の絶対値は、 $\sqrt{3} \cdot \tau$ となるのに対して、横感度 $\varepsilon$ を考慮したマトリックス感度で考えると、出力信号としての加速度の絶対値は $\sqrt{3}(1+2\varepsilon) \cdot \tau$ となる。これを逆に考えると、正しくは $\sqrt{3}\tau/(1+2\varepsilon)$ の入力信号として計測されるべき信号が、 $\sqrt{3}\tau$ として認識されるわけである。このときの誤差は、以下の(8)式によって、 $2\varepsilon$ %となる。

【0049】

【数8】

$$\frac{\sqrt{3}\tau - \frac{\sqrt{3}\tau}{1+2\varepsilon}}{\frac{\sqrt{3}\tau}{1+2\varepsilon}} = 2\varepsilon$$

(8)

【0050】

圧電加速度センサでは、通常2～3%の横感度があるといわれており、3%の横感度は6%の計測誤差になる。

現在、シリコンの微細加工による半導体加速度センサやジャイロの開発が世界的大流行であるが、横感度の値を説得力ある方法で計測した結果が添えられた論文は未だに発表されていないというのが現状である。

【0051】

(3) 加速度計測の精度が向上することによって、我が国産業技術の高度化、高付加価値化が図られる。

(4) 一軸の振動発生機を用いて多軸多次元振動台を用いて校正したのとほぼ同じ加速度センサのマトリックス感度が得られることになり、ベクトルとしての加速度を計測することが可能になる。

(5) 横感度を考慮することにより加速度をより正確に求めることが出来るので、各種強制規格を守って製作しなければならない工業製品開発においては、限界設計が可能になる。強制規格としては、自動車乗員安全規格(米国規格FMVSS201規格に相当する我が国を含めた諸外国の強制法規)、人体振動規格ISO8041、2631-1, 2631-2, 2631-3, 2631-4, 2631-5などが挙げられる。

(6) 産業用ロボットの高精度の制御が可能になる。

(7) 運動を発生する試験機(例えば、振動発生機など)の高性能化が進む。

(8) ヒューマノイドロボットによる繊細で高度な制御が可能になる。

(9) 地震計による地震の計測が、高精度になる。

(10) 人体の振動暴露規制値にもとづく人体暴露振動モニター装置の開発につながる。

(11) 構造物などのための振動計測、加速度計測の精度が向上する。

(12) 国際度量衡局がおこなった国際キーコンパリズンの無意味さが広く認識されるよ

うになり、横感度計測のための国際比較が実施されるようになる。

(13) 半導体加速度センサでは、横感度を考えたマトリックス感度による表現が一般化することによって、半導体加速度センサの性能が飛躍的に向上する。

(14) 地殻地盤常時監視システムが実現し、地殻変動が画像として認識されるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0052】

実施例では、図4の(a)~(d)に示す加速度センサを用いる。

(a) は1個の一軸加速度センサ5を治具としての立方体ブロック6の一面に取り付けたものであり、

(b) は2個の一軸加速度センサ5、7を治具としての立方体ブロック6の二つの面に各々取り付けただけのものであり、

(c) は3個の一軸加速度センサ5、7、8を治具としての立方体ブロック6の三つの面に各々取り付けただけのものであり、

(d) は半導体加速度計（ジャイロ機能、角加速度測定機能を含むものも対象とする）であり、これも治具としての立方体ブロックの一面に取り付ける。

【0053】

なお、以上の各センサを取り付ける立方体ブロックの各面の定義（符号で示した）は図5または図6に示す通りであり、各センサに共通である。

【0054】

(e) は、(a)~(d)の加速度センサに対する入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸（互いに直交するX軸、Y軸、Z軸）と、加速度10を座標軸方向に分解した状態を示すものである。

【0055】

1個の一軸加速度センサの場合（図4の(a)）

【0056】

一軸加速度センサ5として一般的な圧電型加速度センサは、図5のような形状をしており、下端部に設けたねじ部分を治具としての立方体ブロック6の一面にねじ込み固定することによって、一軸加速度センサ5は立方体ブロック6に取り付けられる。立方体ブロック6は十分な形状精度および面精度が得られたものを使用する。この状態では、加速度センサ5の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック6の取り付け面6aと直交している。ここで、一軸加速度センサ5の出力軸（主感度軸）とこの出力軸に直交する2つの軸と入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸（X、Y、Z軸）との関係を次のように定義した。すなわち、一軸加速度センサ5の出力軸である主感度軸方向をZ軸と定義した。このため、この出力軸（Z軸）と直交する2軸のうちの一方の軸を、Z軸と直交し、立方体ブロック6の取り付け面6aと直交する他の面6bと直交する軸に一致する軸、すなわちX軸と定義することができ、残りの軸を、Z軸と直交し、立方体ブロック6の取り付け面6aおよび他の面6bと直交する他の面6cと直交する軸、すなわちY軸と定義することができる。このように定義することによって、一軸加速度センサ5における前述したISO5347Part11のような横感度データの最大値および最小値とそのときの角度 $\theta_{max}$ と $\theta_{min}$ を求めずに、すなわち、このような横感度データの最大値および最小値が得られる位置とは無関係に、一軸加速度センサ5を立方体ブロック6に取り付け固定するだけですむことになる（以下の例でも同様）。

【0057】

したがって、後述するように、振動台11（図7）のテーブル12面上に、立方体ブロック6の取り付け面6aと反対側の面を取り付け固定すると、一軸加速度センサ5の主感度軸（Z軸）と振動台のテーブル12の振動の方向が一致する。換言すると、入力加速度

を定義する空間の座標系の座標軸のうち Z 軸の方向に、立方体ブロック 6 およびこれに取り付けた一軸加速度センサ 5 を加振することになる。また、振動台 11 のテーブル 12 面上に、立方体ブロック 6 の他の面 6b を取り付け固定すると、一軸加速度センサ 5 の X 軸と振動台のテーブル 12 の振動の方向が一致し、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち X 軸の方向に、立方体ブロック 6 およびこれに取り付けた一軸加速度センサ 5 を加振することになる。さらに、振動台 11 のテーブル 12 面上に、立方体ブロック 6 の他の面 6c を取り付け固定すると、一軸加速度センサ 5 の Y 軸と振動台のテーブル 12 の振動の方向が一致し、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Y 軸の方向に、立方体ブロック 6 およびこれに取り付けた一軸加速度センサ 5 を加振することになる。

#### 【0058】

以下の説明（図示）では一軸加速度センサ 5 の形状を簡略化して図 6 に示すように円柱で描くこともある。図 6 において、 $\longleftrightarrow$  は加速度センサ 5 の主軸感度軸の方向を示している。

#### 【0059】

##### a. 主軸感度の計測

図 7 は一軸加速度センサ 5 の主軸感度を計測する際の、一軸振動台 11 に対する一軸加速度センサ 5 の固定の態様を示すものであり、一軸振動台 11 の上部のテーブル 12 上に一軸加速度センサ 5 を取り付け付けた立方体ブロック 6 を固定する。テーブル 12 は平坦であり、図 7 に示すように、テーブル 12 が水平になるように設置された状態で当該テーブル 12 が垂直方向（図中、矢印  $\updownarrow$  で示す）に振動する。図 7 における固定の態様は、立方体ブロック 6 の一軸加速度センサ 5 の取り付け面 6a の反対側（裏側）の面をテーブル 12 に固定した。したがって、この状態では、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸の Z 軸の方向が、振動台のテーブル 12 の振動方向に一致しており、この状態で振動台のテーブル 12 を振動させる。テーブル 12 面の運動加速度が一軸加速度センサ 5 への入力加速度となる。テーブル 12 面の運動は、レーザ干渉計か、またはより精度の高い加速度センサ等の計測装置で独立に計測する。なお、一軸加速度センサ 5 への入力加速度の計測は、テーブル面の運動を独立に計測して求める以外にも、後述のようにして求めることができる。

#### 【0060】

一軸加速度センサ 5 からの測定結果を示す出力信号と、テーブル 12 の面の運動を独立に計測する計測装置の計測結果を示す信号とは、演算装置（例えば、コンピュータ）に供給され、この演算装置によって、後述のような演算を行って横感度マトリックスを求める（以下に示す全ての例も同様である）。

#### 【0061】

まず、一軸加速度センサ 5 への入力加速度信号（すなわち、テーブル 12 面を直接的に計測するレーザ干渉計か、またはより精度の高い加速度センサ等の計測装置からの計測信号）と、一軸加速度センサ 5 からの出力信号との関係を、グラフに表すと、例えば、図 8、図 9 のようになる。

#### 【0062】

図 8 の縦軸は、一軸加速度センサ 5 に入力した加速度を表しており、メートル/（秒・秒）の単位であり、一方、図 9 の縦軸は、一軸加速度センサ 5 からの出力を表しており、電圧の単位である。図 8、図 9 の横軸は時間であり、両図の開始タイミングは一致している。

#### 【0063】

入力加速度を  $a_{iz} \exp(j\omega t)$  で表し、一軸加速度センサ 5 の出力信号を  $a_{oz} \exp(j\omega t)$  で表すとする、一軸加速度センサ 5 の主軸感度  $S_{zz}(\omega)$  は、以下の式で定義される。

#### 【0064】

【数 9】

$$S_{zz}(\omega) = \frac{a_{oz} \exp(j\omega t)}{a_{iz} \exp(j\omega t)} \quad (9)$$

【0065】

ここで、S の添え字の意味に関しては前記の感度マトリックスの定義におけるそれと同様であり、最初の添え字（ここでは z）は入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸と一致する軸であって一軸加速度センサ 5 の出力軸の方向を意味しており（ここでは Z 軸）、次の添え字（ここでは z）は一軸振動台のテーブルに固定した状態の一軸加速度センサの軸のうち振動台のテーブルの振動（加振）方向と一致する軸を意味している（S の添え字に関しては以下同様）。位相遅れや、感度の減少は、 $a_{oz}$  の項に入ってくるので、感度は複素数となる。

【0066】

b. 横感度の計測

【0067】

図 10 に示すように、振動台 11 のテーブル 12 に、一軸加速度センサ 5 に対して定義した X 軸の方向が、振動台のテーブル 12 の振動の方向と一致するように、一軸加速度センサ 5 を取り付けた立方体ブロック 6 の面 6b を取り付け固定した。この状態で、振動台のテーブル 12 を振動させる。主軸感度の計測と同様にして、一軸加速度センサ 5 からの測定結果と、テーブル 12 の面の運動を独立に計測する計測装置の計測結果とに基づいて、横感度  $S_{zx}$  を求める。すなわち、

入力加速度を  $a_{ix} \exp(j\omega t)$  で表し、加速度センサの出力信号を  $a_{oz} \exp(j\omega t)$  で表すとすると、マトリックス感度における加速度センサの感度  $S_{zx}(\omega)$  は、以下の式で定義される。

【0068】

【数 10】

$$S_{zx}(\omega) = \frac{a_{oz} \exp(j\omega t)}{a_{ix} \exp(j\omega t)} \quad (10)$$

【0069】

勿論、位相がずれたり、ゲインが小さくなることは、 $a_{oz}$  という複素数に吸収されており、横感度は、角周波数の関数としての複素数となる。

【0070】

同様にして、図 11 に示すように、振動台 11 のテーブル 12 に、一軸加速度センサ 5 に対して定義した Y 軸の方向が、振動台のテーブル 12 の振動の方向と一致するように、一軸加速度センサ 5 を取り付けた立方体ブロック 6 の取り付け面 6c を取り付け固定した。この状態で、振動台のテーブル 12 を振動させる。主軸感度の計測と同様にして、一軸加速度センサ 5 からの測定結果と、テーブル 12 の面の運動を独立に計測する計測装置の計測結果とに基づいて、横感度  $S_{zy}$  を求める。すなわち、

入力加速度を  $a_{iy} \exp(j\omega t)$  で表し、加速度センサ 5 の出力信号を  $a_{oz} \exp(j\omega t)$  で表すとすると、マトリックス感度における加速度センサの感度は  $S_{zy}(\omega)$  は、以下の式で定義される。

【0071】



## 【数 1 1】

$$S_{zy}(\omega) = \frac{a_{oz} \exp(j\omega t)}{a_{iy} \exp(j\omega t)} \quad (11)$$

## 【0072】

勿論、位相がずれたり、ゲインが小さくなることは、 $a_{oz}$  という複素数に吸収されており、横感度は、角周波数の関数としての複素数となる。

## 【0073】

以上から、(1)式を参考にして、一軸加速度センサ 5 の入出力関係を立てると、以下の(12)式が成立する(左辺が出力、右辺が入力)。

## 【0074】

## 【数 1 2】

$$V_{oz} \exp(j\omega t) = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix} \exp(j\omega t) \\ a_{iy} \exp(j\omega t) \\ a_{iz} \exp(j\omega t) \end{pmatrix} \quad (12)$$

## 【0075】

なお、以上の説明は、立方体ブロック 6 に 1 個のセンサを取り付けた例について行ったが、これは説明の便宜のためであって、立方体ブロックの一面に取り付け固定するセンサの数は 1 個に限らない。すなわち、振動台のテーブル面に固定可能な規模の立方体ブロックの同一面に、複数個のセンサを取り付け固定して、複数個のセンサについて同時にまたは個別に測定を実施することもできる。また、振動台のテーブル面に複数個の立方体ブロックを取り付け固定して各立方体ブロックに 1 個のセンサを取り付け、または各立方体ブロックの一面に複数個のセンサを取り付けて、各センサごとに、または各センサ同時に測定を実施することもできる。これらのことは、以下の各例においても、同様である。

## 【0076】

2 個の一軸加速度センサの場合 (図 4 の (b))

2 個の一軸加速度センサ 5, 7 を立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と 6 b とに各々取り付け固定する。この状態では、加速度センサ 5 の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と直交しており、加速度センサ 7 の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック 6 の取り付け面 6 b と直交している。ここで、一軸加速度センサ 5 については前述した図 4 の (a) と同様であり、一軸加速度センサ 7 の出力軸である主感度軸方向を X 軸と定義し、この X 軸と直交する 2 軸である Y 軸および Z 軸に関し、この X 軸と直交し、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 c と直交する軸に一致する軸を Y 軸とし、さらに X 軸と直交し、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と直交する軸を Z 軸と定義した。

## 【0077】

したがって、一軸加速度センサ 5 の X, Y, Z 軸と振動台のテーブル 12 の振動の方向との関係は上述の例と同様であり、上述の通りにして、一軸加速度センサ 5 の主軸感度  $S_{zz}(\omega)$  と横感度  $S_{xx}(\omega)$  および  $S_{zy}(\omega)$  とを求めることができる。

## 【0078】

さらに、振動台 11 のテーブル 12 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 b と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 7 の主感度軸 (X 軸) と振動台のテーブル 12 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 12 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち X 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 7 の主軸感度  $S_{xx}(\omega)$  を求めることができる。

入力加速度を  $a_{ix} \exp(j\omega t)$  で表し、一軸加速度センサ 7 の出力信号を  $a_{ox} \exp(j\omega t)$  で表すすると、一軸加速度センサ 7 の主軸感度  $S_{xx}(\omega)$  は、以下の式で定義される。

【0079】

【数13】

$$S_{xx}(\omega) = \frac{a_{ox} \exp(j\omega t)}{a_{ix} \exp(j\omega t)} \quad (13)$$

【0080】

同様に、振動台 11 のテーブル 12 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 c を取り付け固定して、一軸加速度センサ 7 の Y 軸と振動台のテーブル 12 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 12 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Y 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 7 の横感度  $S_{xy}(\omega)$  を求めることができる。

入力加速度を  $a_{iy} \exp(j\omega t)$  で表し、加速度センサ 7 の出力信号を  $a_{ox} \exp(j\omega t)$  で表すすると、マトリックス感度における加速度センサ 7 の感度  $S_{xy}(\omega)$  は、以下の式で定義される。

【0081】

【数14】

$$S_{xy}(\omega) = \frac{a_{ox} \exp(j\omega t)}{a_{iy} \exp(j\omega t)} \quad (14)$$

【0082】

さらに、振動台 11 のテーブル 12 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 7 の Z 軸と振動台のテーブル 12 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 12 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Z 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 7 の横感度  $S_{xz}(\omega)$  を求めることができる。

入力加速度を  $a_{iz} \exp(j\omega t)$  で表し、加速度センサ 7 の出力信号を  $a_{ox} \exp(j\omega t)$  で表すすると、マトリックス感度における加速度センサ 7 の感度  $S_{xz}(\omega)$  は、以下の式で定義される。

【0083】

【数15】

$$S_{xz}(\omega) = \frac{a_{ox} \exp(j\omega t)}{a_{iz} \exp(j\omega t)} \quad (15)$$

【0084】

以上から、2 個の一軸加速度センサの入出力関係を立てると、以下の (16) 式が成立する (左辺が出力、右辺が入力)。

【0085】

【数16】

$$\begin{pmatrix} V_{ox} \exp(j\omega t) \\ V_{oz} \exp(j\omega t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix} \exp(j\omega t) \\ a_{iy} \exp(j\omega t) \\ a_{iz} \exp(j\omega t) \end{pmatrix}$$

(16)

【0086】

以上をまとめると、マトリックス感度が、(16)式のように定義されたとすると、マトリックスの各要素は、以下のような手順で求まる。

【0087】

【表1】

要素	求める手順
$S_{xy}$	加速度計5と加速度計7を取り付けたブロック全体を、X軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計7の出力信号を比較して、求める。
$S_{yz}$	加速度計5と加速度計7を取り付けたブロック全体を、Y軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計7の出力信号を比較して求める。
$S_{xz}$	加速度計5と加速度計7を取り付けたブロック全体を、Z軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計7の出力信号を比較して求める。
$S_{zx}$	加速度計5と加速度計7を取り付けたブロック全体を、X軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計5の出力信号を比較して、求める。
$S_{zy}$	加速度計5と加速度計7を取り付けたブロック全体を、Y軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計5の出力信号を比較して求める。
$S_{zz}$	加速度計5と加速度計7を取り付けたブロック全体を、Z軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計5の出力信号を比較して求める。

【0088】

勿論、加速度計5と加速度計7の出力は同時に計測して良い。

【0089】

3個の一軸加速度センサの場合 (図4の(c))

3個の一軸加速度センサ5, 7, 8を立方体ブロック6の取り付け面6aと6bと6cとに各々取り付け固定する。この状態では、加速度センサ5の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック6の取り付け面6aと直交しており、加速度センサ7の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック6の取り付け面6bと直交しており、加速度センサ8の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック6の取り付け面6cと直交している。ここで、一軸加速度センサ5および7については前述した図4の(b)と同様であり、一軸加速度センサ8の出力軸である主感度軸方向をY軸と定義し、このY軸と直交する2軸であるX軸およびZ軸に関し、このY軸と直交し、立方体ブロック6の取り付け面6bと直交する軸に一致する軸をX軸とし、さらにY軸と直交し、立方体ブロック6の取り付け面6aと直交する軸をZ軸と定義した。

【0090】

したがって、一軸加速度センサ5および7のX, Y, Z軸と振動台のテーブル12の振動の方向との関係は上述の例と同様であり、上述の通りにして、一軸加速度センサ5の主軸感度 $S_{zz}(\omega)$ と横感度 $S_{zx}(\omega)$ および $S_{zy}(\omega)$ と、一軸加速度センサ7の主軸感度 $S_{xx}(\omega)$ と横感度 $S_{xy}(\omega)$ および $S_{xz}(\omega)$ とを求めることができる。

【0091】

さらに、振動台 11 のテーブル 12 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 c と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 8 の主感度軸（Y 軸）と振動台のテーブル 12 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 12 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Y 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 8 の主軸感度  $S_{yy}(\omega)$  を求めることができる。

入力加速度を  $a_{yy} \exp(j\omega t)$  で表し、一軸加速度センサ 8 の出力信号を  $a_{oy} \exp(j\omega t)$  で表すすると、一軸加速度センサ 8 の主軸感度  $S_{yy}(\omega)$  は、以下の式で定義される。

【0092】

【数 17】

$$S_{yy}(\omega) = \frac{a_{oy} \exp(j\omega t)}{a_{yy} \exp(j\omega t)} \quad (17)$$

【0093】

同様に、振動台 11 のテーブル 12 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 b と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 8 の X 軸と振動台のテーブル 12 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 12 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち X 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 8 の横感度  $S_{yx}(\omega)$  を求めることができる。

入力加速度を  $a_{xx} \exp(j\omega t)$  で表し、加速度センサ 8 の出力信号を  $a_{oy} \exp(j\omega t)$  で表すすると、マトリックス感度における加速度センサ 8 の感度  $S_{yx}(\omega)$  は、以下の式で定義される。

【0094】

【数 18】

$$S_{yx}(\omega) = \frac{a_{oy} \exp(j\omega t)}{a_{xx} \exp(j\omega t)} \quad (18)$$

【0095】

さらに、振動台 11 のテーブル 12 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 8 の Z 軸と振動台のテーブル 12 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 12 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Z 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 8 の横感度  $S_{yz}(\omega)$  を求めることができる。

入力加速度を  $a_{iz} \exp(j\omega t)$  で表し、加速度センサ 8 の出力信号を  $a_{oy} \exp(j\omega t)$  で表すすると、マトリックス感度における加速度センサ 8 の感度  $S_{yz}(\omega)$  は、以下の式で定義される。

【0096】

【数 19】

$$S_{yz}(\omega) = \frac{a_{oy} \exp(j\omega t)}{a_{iz} \exp(j\omega t)} \quad (19)$$

【0097】

以上から、3 個の一軸加速度センサの入出力関係を立てると、以下の (20) 式が成立する（左辺が出力、右辺が入力）。

【0098】

【数20】

$$\begin{pmatrix} V_{ox} \exp(j\omega t) \\ V_{oz} \exp(j\omega t) \\ V_{oy} \exp(j\omega t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix} \exp(j\omega t) \\ a_{iy} \exp(j\omega t) \\ a_{iz} \exp(j\omega t) \end{pmatrix} \quad (20)$$

【0099】

以上をまとめると、マトリックス感度が、(20)式のように定義されたとすると、マトリックスの各要素は、以下のような手順で求まる。

【0100】

【表2】

要素	求める手順
$S_{xx}$	加速度計5、加速度計7と加速度計8を取り付けたブロック全体を、X軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計7の出力信号を比較して、求める。
$S_{yy}$	加速度計5、加速度計7と加速度計8を取り付けたブロック全体を、Y軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計7の出力信号を比較して、求める。
$S_{zz}$	加速度計5、加速度計7と加速度計8を取り付けたブロック全体を、Z軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計7の出力信号を比較して、求める。
$S_{yx}$	加速度計5、加速度計7と加速度計8を取り付けたブロック全体を、X軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計8の出力信号を比較して、求める。
$S_{zy}$	加速度計5、加速度計7と加速度計8を取り付けたブロック全体を、Y軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計8の出力信号を比較して、求める。
$S_{yz}$	加速度計5、加速度計7と加速度計8を取り付けたブロック全体を、Z軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計8の出力信号を比較して、求める。
$S_{zx}$	加速度計5、加速度計7と加速度計8を取り付けたブロック全体を、X軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計5の出力信号を比較して、求める。
$S_{xy}$	加速度計5、加速度計7と加速度計8を取り付けたブロック全体を、Y軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計5の出力信号を比較して、求める。
$S_{xz}$	加速度計5、加速度計7と加速度計8を取り付けたブロック全体を、Z軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計5の出力信号を比較して、求める。

【0101】

勿論、加速度計5、加速度計7と加速度計8の出力は同じ方向に加振している際には同時に計測して良い。

【0102】

半導体加速度計（ジャイロ機能、角加速度測定機能を含む）の場合（図4の（d））

半導体加速度センサ9の場合は、並進加速度の主感度軸を一つ持つ加速度センサを組み合わせたものとみなすことは不可である。すなわち、一軸加速度センサの場合のように、単独に一軸加速度センサの特性を調べてそれぞれの横感度を元に、マトリックス感度を調べるといようなことは不可能である。また、並進加速度についての感度の主軸は最大でも3個しかない。そこで、入力加速度を定義する座標系をX軸、Y軸、Z軸として定義する。半導体加速度センサ9の出力の軸の個数が1個の場合には、OX（Oは座標の原点を示す。以下同様）を出力軸とする。加速度センサ9の出力の軸の個数が2個の場合には、OX、OYを出力軸とする。加速度センサ9の出力の軸の個数が3個の場合には、OX、OY、OZを出力軸とする。

【0103】

なお、加速度センサ9は、図12～図14に示すように、治具としての立方体ブロック6に取り付ける。この立方体ブロック6は、振動台のテーブル面上に取り付け固定する。このときに、主軸感度、横感度は、以下の手順によって求めることが出来る。但し、出力

軸（主軸感度）は、常に加振加速度が存在する平面（すなわち、振動台のテーブル面）と垂直でなければならない。すなわち、図 12 に示すように、Z 軸が振動台のテーブル面と垂直の場合は、出力軸は OZ、図 13 に示すように、X 軸が振動台のテーブル面と垂直の場合は、出力軸は OX、図 14 に示すように、Y 軸が振動台のテーブル面と垂直の場合は、出力軸は OY となる。

【0104】

【表 3】

要素	求める手順
$S_{xx}$	X 軸方向に正弦波加振して、X 軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
$S_{xy}$	Y 軸方向に正弦波加振して、X 軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
$S_{xz}$	Z 軸方向に正弦波加振して、X 軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
$S_{yx}$	X 軸方向に正弦波加振して、Y 軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
$S_{yy}$	Y 軸方向に正弦波加振して、Y 軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
$S_{yz}$	Z 軸方向に正弦波加振して、Y 軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
$S_{zx}$	X 軸方向に正弦波加振して、Z 軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
$S_{zy}$	Y 軸方向に正弦波加振して、Z 軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
$S_{zz}$	Z 軸方向に正弦波加振して、Z 軸出力信号と加振信号から、感度を求める。

【0105】

以上のようにして求めた、並進加速度に関する横感度を、その求め方と、入力加速度ベクトル、出力信号ベクトル定義に基づいて、感度マトリックスの第 i 行 j 列成分として入出力の対応関係を考慮して正しい位置に配置していくことにより、感度マトリックスを定義することが出来る。この感度マトリックスを定義するための手法は、半導体加速度センサ 9 の出力の軸の個数が 1 個の場合には、前述した「1 個の一軸加速度センサの場合（図 4 の（a））」と同様であり、半導体加速度センサ 9 の出力の軸の個数が 2 個の場合には、前述した「2 個の一軸加速度センサの場合（図 4 の（b））」と同様であり、半導体加速度センサ 9 の出力の軸の個数が 3 個の場合には、前述した「3 個の一軸加速度センサの場合（図 4 の（c））」と同様である。

【0106】

なお、上述した 3 個の一軸加速度センサを組み合わせた例（図 4 の（c））の場合および半導体加速度センサであって加速度の出力軸が 3 つある場合は、加速度の検出精度をより高くすることができる。すなわち、これらの場合は、3 次元空間の並進加速度だけを考えると、以下の関係式が成立する。各符号の定義は前述した通りである。

【0107】

【数 21】

$$\begin{pmatrix} a_{ox} \\ a_{oy} \\ a_{oz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix} \\ a_{iy} \\ a_{iz} \end{pmatrix} \quad (21)$$

【0108】

ここで、入力加速度  $\begin{pmatrix} a_{ix} \\ a_{iy} \\ a_{iz} \end{pmatrix}$  が、出力加速度  $\begin{pmatrix} a_{ox} \\ a_{oy} \\ a_{oz} \end{pmatrix}$  から求まるためには、マトリックス感度の逆マトリックスを出力加速度にかければよいが、その前に、逆マトリックスが存在することを説明する。

$S_{xx} = S_{yy} = S_{zz} = S$  と仮定し、かつ、横感度が全て等しいとして、  
 $S_{xy} = S_{xz} = S_{yx} = S_{yz} = S_{zx} = S_{zy} = \varepsilon \times S$  と置くと、以下の式が成立するので、マトリックス感度の逆マトリックスを出力信号にかけて、入力信号をより精度高く求めることが可能となる。

【0 1 0 9】

【数 2 2】

$$\det \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} S & \varepsilon S & \varepsilon S \\ \varepsilon S & S & \varepsilon S \\ \varepsilon S & \varepsilon S & S \end{vmatrix} = S^3 \begin{vmatrix} 1 & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & 1 & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & 1 \end{vmatrix} = S^3 (\varepsilon - 1)^2 (2\varepsilon + 1) \neq 0$$

(2 2)

【0 1 1 0】

通常、横感度と主軸感度の比は 1 よりも小さいので、 $\varepsilon \leq 1$  と仮定することは、妥当である。すると、式 (1) からマトリックス感度の逆マトリックスは存在すると考えることができる。

【0 1 1 1】

一軸加速度センサへの入力加速度の計測

一軸加速度センサへの入力加速度は、一軸加速度センサにレーザ干渉計からのレーザを直接照射して計測することができる。そのための一軸加速度センサのいくつかの（ケーシングの）構造を説明する。図 15 に示すように、一般的な構造の一軸加速度センサ 13 の下部は、被検出物にねじ込み固定するためのナット状をしており、その上の部分は断面円柱状をしている。この一般的な構造の一軸加速度センサ 13 の上面 13c は平坦であり、軸心と直交しており、ここにレーザ干渉計からのレーザを照射することができる。このため、一軸加速度センサ 13 の上面 13c に、入力加速度を定義する空間の座標系の X, Y, Z 軸のうちの一つ（例えば Z 軸）にその光路を一致させたレーザを垂直に照射することができる。さらに、一軸加速度センサ 13 の断面円柱状の部分の側面に突出部分 13a, 13b を形成し、これら 2 つの突出部分 13a, 13b を平坦な表面になるように且つこれら表面の間の角度が 90 度になるように加工（例えば十分高い精度を有する切削加工）し、これら 2 つの突出部分 13a, 13b の平坦な表面を、一軸加速度センサ 13 の軸心と直交するように加工した。したがって、これらの突出部分 13a, 13b の平坦な表面に、残りの 2 軸（X, Y 軸）に光路を一致させたレーザ干渉計からのレーザを垂直に照射することができ、これらの突出部分 13a, 13b と上面 13c とに照射するレーザの光路を X, Y, Z 軸に高精度に一致させることができる。この構造は 1 個の一軸加速度センサのみを使用する場合に適用できる。

【0 1 1 2】

また、図 16 の (a) に示すように、一軸加速度センサ 14 の断面円柱状の部分の側面にねじを形成する。このねじの部分に、図 16 の (b), (c) に示すような環状の部品 15 と部品 16 とをねじ込む。部品 15 は、隣接する外周の 2 辺 15a, 15b が平坦な表面になるように且つこれら表面の間の角度が 90 度になるように加工（例えば十分高い精度を有する切削加工）し、一軸加速度センサ 14 の断面円柱状の部分にねじ込んだ状態で、これら 2 辺 15a, 15b の平坦な表面を、一軸加速度センサ 14 の軸心と直交するように加工した。他の部品 16 は部品 15 に当接してこれをセンサ 14 に固定するためのものであって、部品 15 の一軸加速度センサ 14 の軸心回りの位置を決定した後にその位

置を固定することができる。一軸加速度センサ 14 の上面 14 c は平坦であり、軸心と直交しており、ここにレーザ干渉計からのレーザを照射することができる。このような構造によれば、一軸加速度センサ 14 の上面 14 c に垂直に照射するレーザの入出力光路を入力加速度を定義する空間の座標系の X, Y, Z 軸のうちの一つ（例えば Z 軸）に一致させ、さらに、部品 15 の一軸加速度センサ 14 の軸心回りの位置を調節して、部品 15 の 2 辺 15 a, 15 b の平坦な表面に垂直に照射するレーザ干渉計からのレーザの光路を入力加速度を定義する空間の座標系の残りの 2 軸（X, Y 軸）に一致させることができる。したがって、この図 16 に示す一軸加速度センサ 14 は、図 4 の（b）または（c）のように 2 個または 3 個を組み合わせる場合に適用できる。

#### 【0113】

なお、図 15, 図 16 に示したような一般的な構造の一軸加速度センサ以外の一軸加速度センサでは、その外側形状に制約が無ければ、外側形状の各一部に、入力加速度を定義する空間の座標系の X 軸, Y 軸および Z 軸に垂直なレーザ照射面を形成することができる。さらに、半導体加速度センサに関しても同様な構造のものを形成することができる。

#### 【0114】

##### 角加速度、角速度による影響を考慮する場合

さらに、以上のようなセンサの感度マトリックスを求める際に、当該センサの回転軸回りの回転による影響を考慮することができる。

#### 【0115】

そのためのセンサのケーシングの構造を例を以下に示す。

#### 【0116】

図 17 に示すセンサ 17 は、ケーシングが、その回転軸（この場合は主感度軸）を含む面上に形成された平面 17 a, 17 b を有する例を示しており、この二つの平面 17 a, 17 b に 2 つのレーザ干渉計からのレーザを各々照射できるような構造である。このような構造によれば、センサ 17 を、回転振動運動を発生する一軸振動台（以下、同様）の回転中心にその回転軸が位置するように前記立方体ブロックを介して取り付け、回転振動運動を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に、二つの平面 17 a, 17 b に 2 つのレーザ干渉計からのレーザを各々照射して得られた角速度振動または角加速度振動の計測値とを、前述した各例におけるセンサの横感度を計算する際に参照することができる。なお、レーザ干渉計により計測値を算出するために必要なセンサ 17 の回転軸から、平面 17 a, 17 b のレーザ照射点までの距離が明確になるように、平面 17 a, 17 b 上には、例えば、目盛り表示等の指示を設けてある。

#### 【0117】

この例は基本構造を示すものであり、センサ 17 の側面に例えば切削加工によって平面 17 a, 17 b を形成することができる。

#### 【0118】

また、回転軸を含む平面上にレーザ照射の平面を形成せずに、回転軸と平行な面上にレーザ照射の平面があってもよい。図 18 はこのような平面を持つ構造のセンサを示す。まず、図 18 の（a）に示すように、センサ 18 の断面円柱状の部分の側面にねじを形成する。このねじの部分に、図 18 の（b）, （c）に示すような環状の部品 19 と部品 20 とをねじ込む。部品 19 は、隣接する外周の 2 辺 19 a, 19 b がセンサ 18 にねじ込んだ状態でその回転軸と平行な面上に位置する平坦な表面になるように且つこれら表面の間の角度が 90 度になるように加工（例えば十分高い精度を有する切削加工）した。他の部品 20 は部品 19 に当接してこれをセンサ 18 に固定するためのものであって、部品 19 のセンサ 14 の軸心回りの位置を決定した後にその位置を固定することができる。このような構造ではセンサ 18 を、回転運動を発生する一軸振動台の回転中心にその回転軸が位置するように前記立方体ブロックを介して取り付け、回転運動を印加し、前記印加によって得られた前記センサ 18 の出力値と、前記印加時に、平面 18 a または 18 b の 2 箇所



お、レーザ干渉計により計測値を算出するために、センサ 18 の回転軸から、平面 18 a または 18 b までの距離と、平面 18 a または 18 b 上のレーザ照射点とセンサ 18 の回転軸との間の幾何学的関係が明確になるように、平面 18 a, 18 b 上には、例えば、目盛り表示等の指示を設けてある。また、この例の平面 18 a, 18 b はセンサ 18 の主感度軸方向に厚くなっており、センサ 18 の主感度軸方向に二段に 2 つのレーザ干渉計からのレーザを照射することができ、この場合には、センサ 18 の主感度軸以外の回転軸回りの角速度、角加速度の影響を調べることができる。

#### 【0119】

さらに、図 19 に示すように、センサの回転軸回りに回折格子を有する構造とすることができる。図 19 の (a) は、センサ 21 の断面円柱状の部分の側面にねじを形成し、このねじの部分に、外周に回折格子を形成したリング状の部品 22 をねじ込んだものである。また、図 19 の (b) は、センサ 23 の側面に軸回りに回折格子 24 を切削加工等により形成したものである。このような構造のセンサ 21 または 23 を、回転運動を発生する一軸振動台の回転中心にその回転軸が位置するように前記立方体ブロックを介して取り付け、回転運動を印加し、前記印加によって得られた前記センサ 21 または 23 の出力値と、前記印加時に、回折格子 22 または 24 にレーザ干渉計からのレーザを照射して得られた角速度または角加速度の計測値とを、前述した各例におけるセンサの横感度を計算する際に参照することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0120】

【図 1】 加速度計／加速度センサの校正方法を説明する図である。

【図 2】 ISO5347 Part11 に記述されている方法を説明する図である。

【図 3】 加速度センサの機能の数学的定義を説明する図である。

【図 4】 加速度センサの各例と加速度ベクトルを説明する図である。

【図 5】 立方体ブロックへの一軸加速度センサの取り付けの一態様を示す図である。

【図 6】 立方体ブロックへの一軸加速度センサの取り付けの一態様を簡略化して示す図である。

【図 7】 一軸加速度センサの主軸感度を計測する際の、一軸振動台に対する一軸加速度センサの固定の態様を示す図である。

【図 8】 一軸加速度センサへの入力加速度信号の一例をグラフ表示した図である。

【図 9】 一軸加速度センサからの出力信号の一例をグラフ表示した図である。

【図 10】 立方体ブロックへの一軸加速度センサの取り付けの他の態様を簡略化して示す図である。

【図 11】 立方体ブロックへの一軸加速度センサの取り付けのさらに他の態様を簡略化して示す図である。

【図 12】 立方体ブロックへの半導体加速度センサの取り付けの一態様を示す図である。

【図 13】 立方体ブロックへの半導体加速度センサの取り付けの他の態様を示す図である。

【図 14】 立方体ブロックへの半導体加速度センサの取り付けのさらに他の態様を示す図である。

【図 15】 加速度センサの他の一例を示す図である。

【図 16】 加速度センサのさらに他の一例を説明する図である。

【図 17】 センサのケーシングの構造の一例を示す図である。

【図 18】 他のセンサの構造を説明する図である。

【図 19】 さらに他のセンサの構造を説明する図である。

#### 【符号の説明】

##### 【0121】

5 加速度センサ

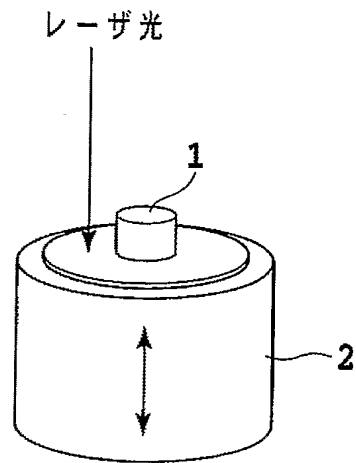
6 立方体ブロック

- 1 1 一軸振動台
- 1 2 テーブル

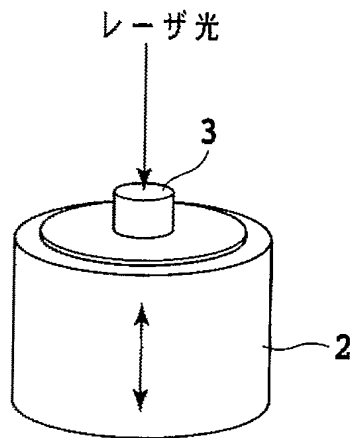
【書類名】 図面

【図 1】

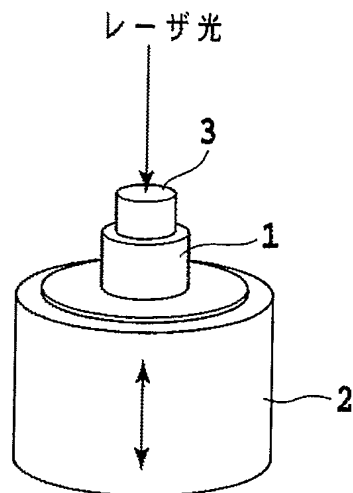
(a)



(b)



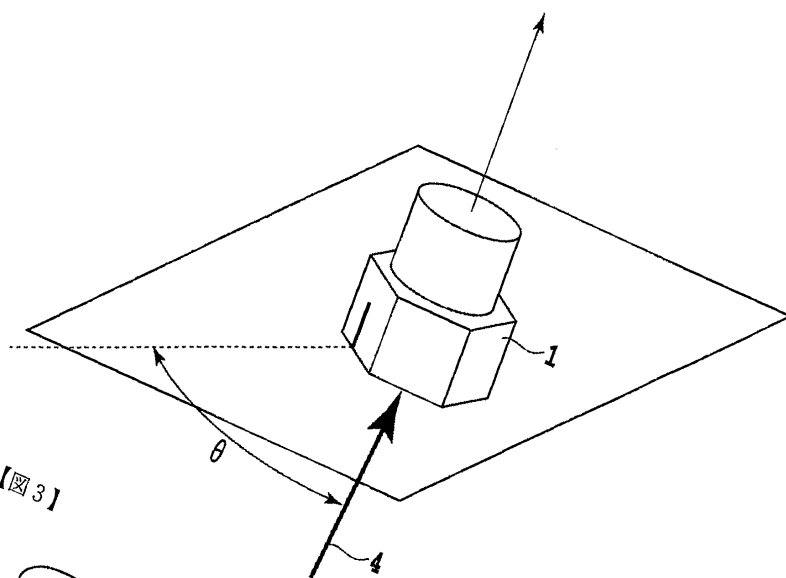
(c)



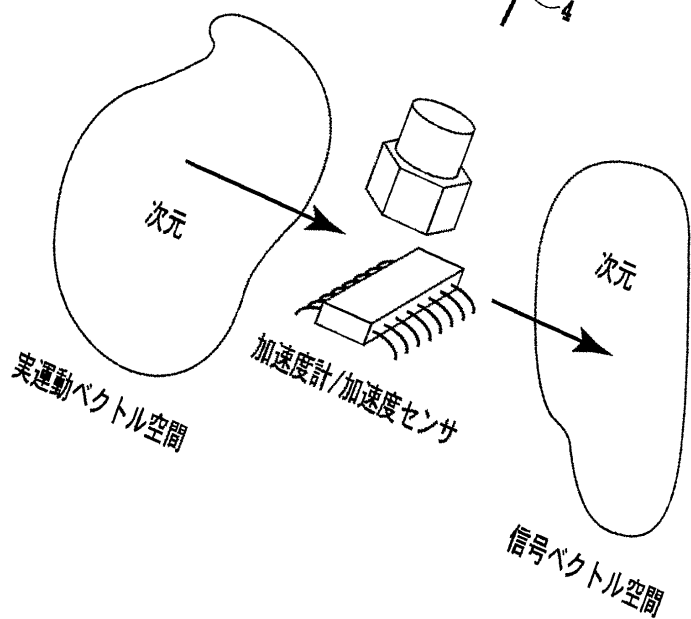
【図2】

特願2004-102736

ページ: 2/

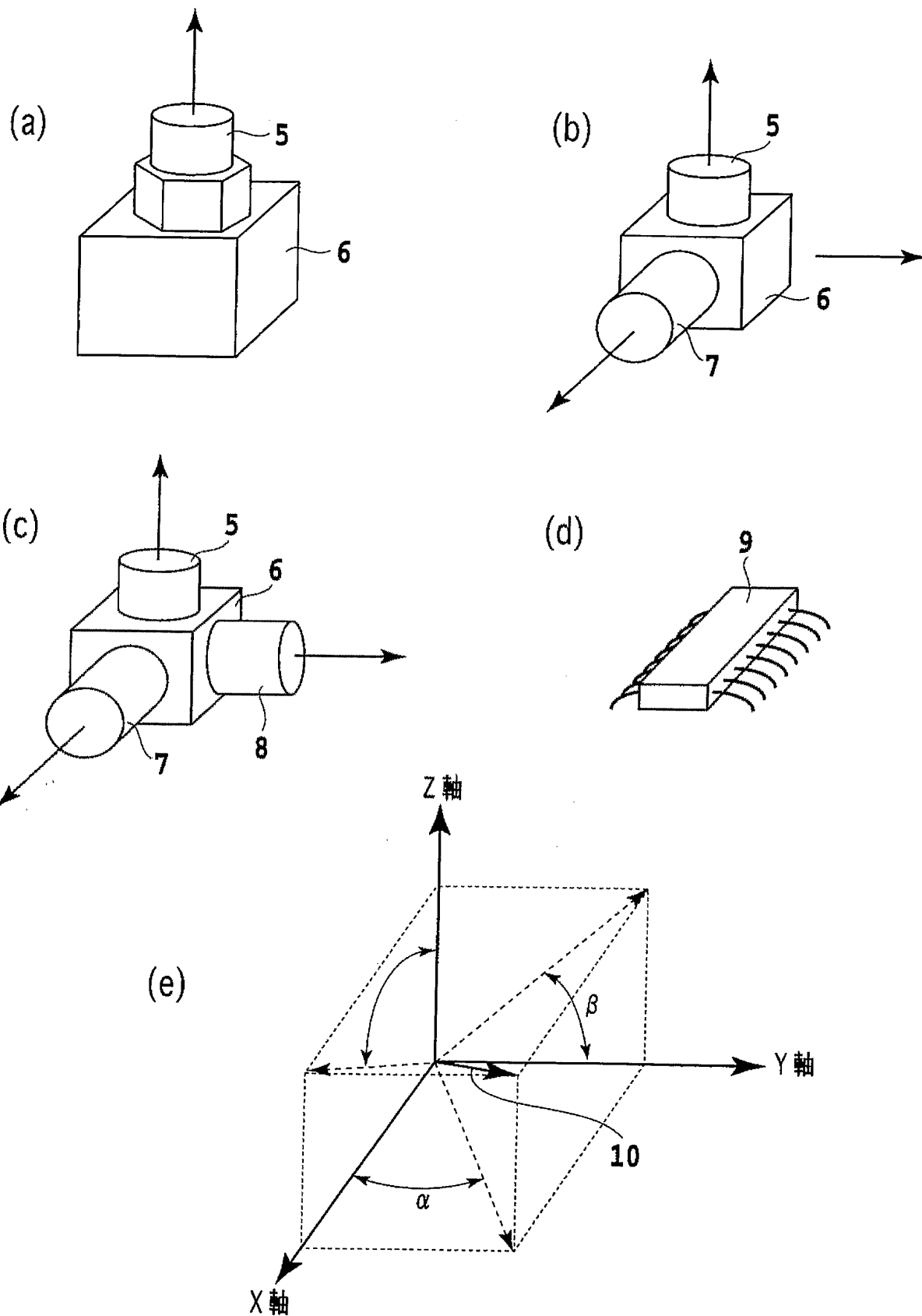


【図3】

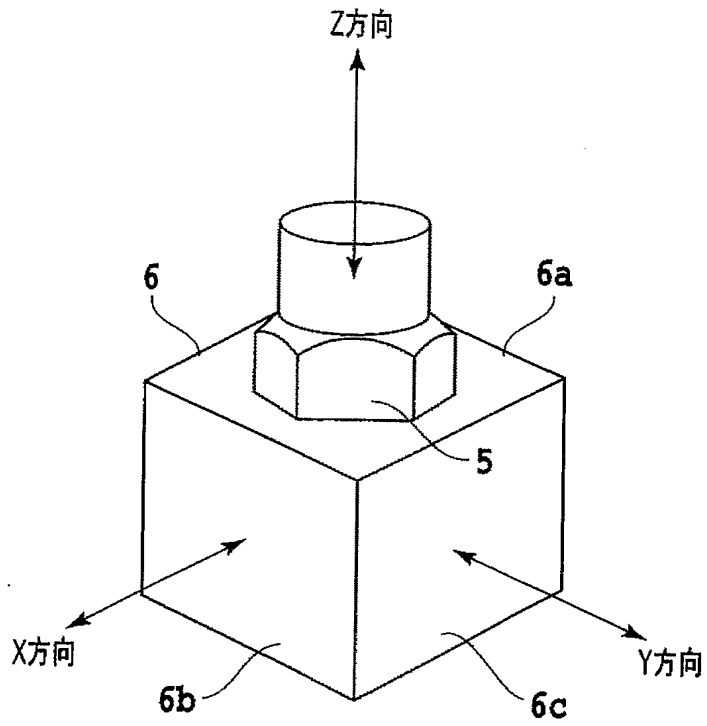


出証特2005-3029245

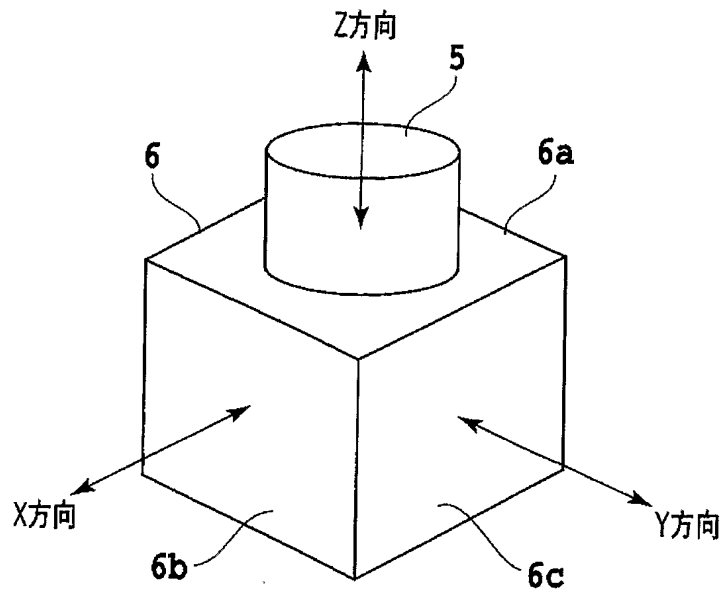
【図 4】



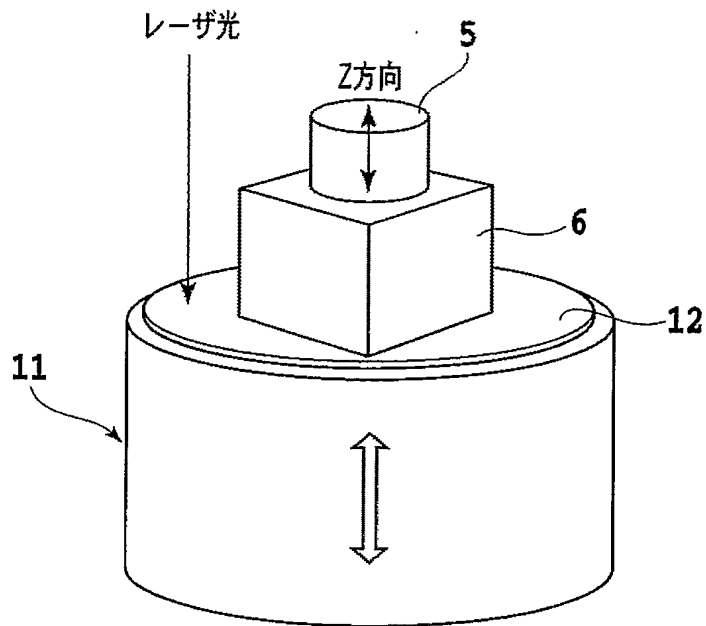
【図 5】



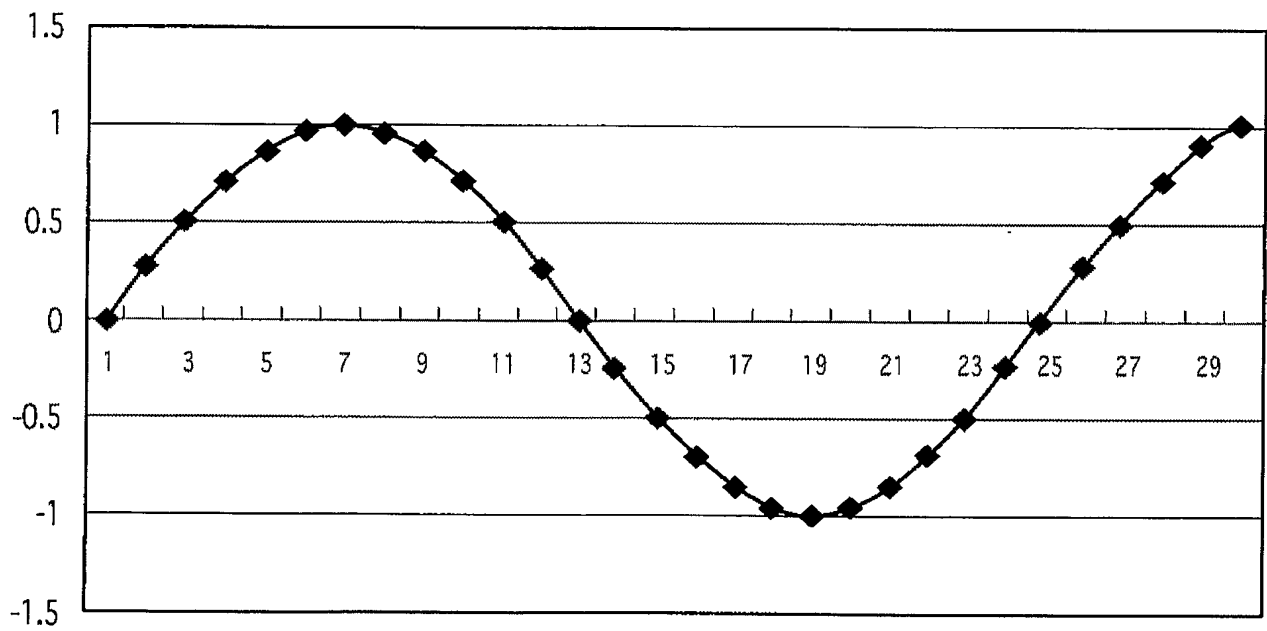
【図 6】



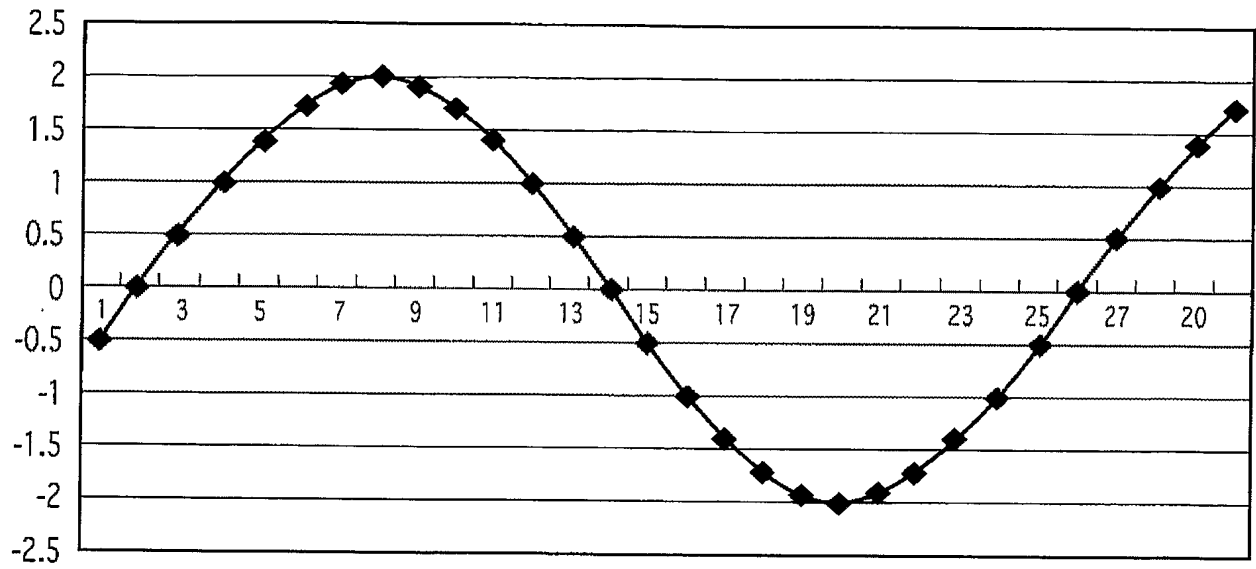
【図 7】



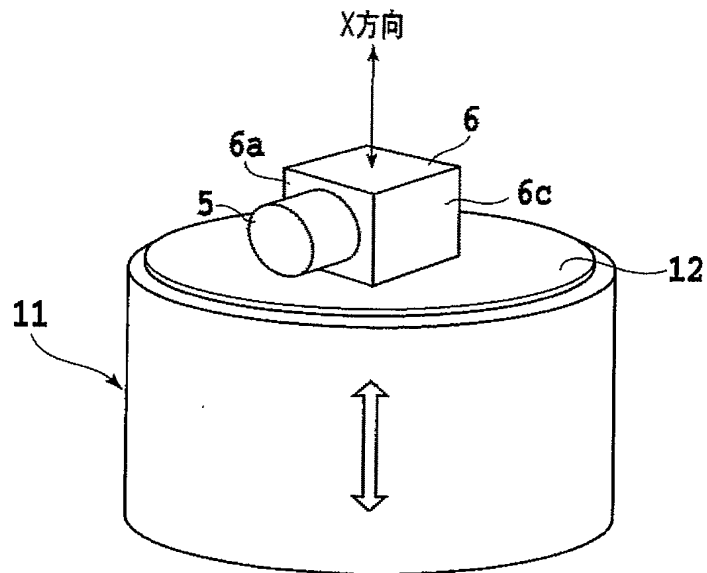
【図 8】



【図 9】

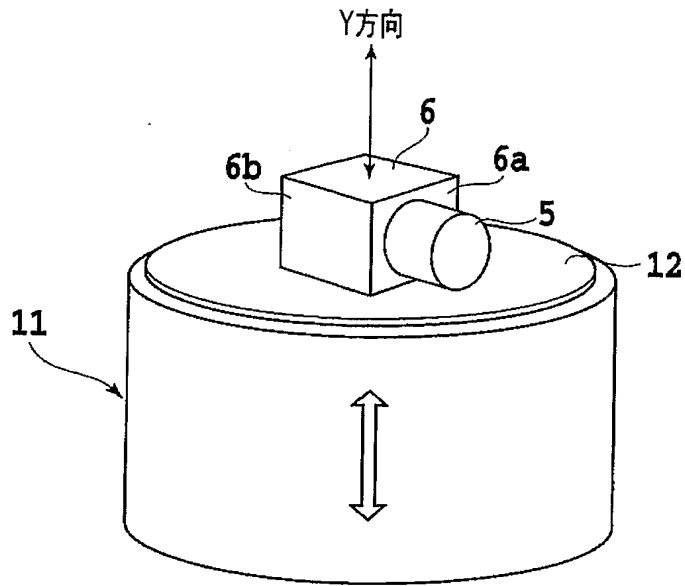


【図 10】

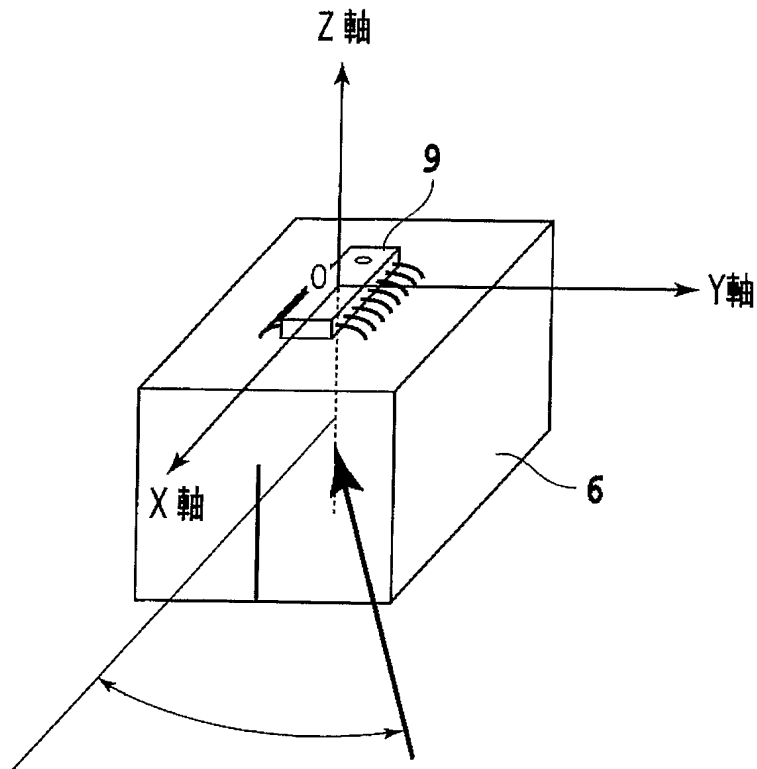




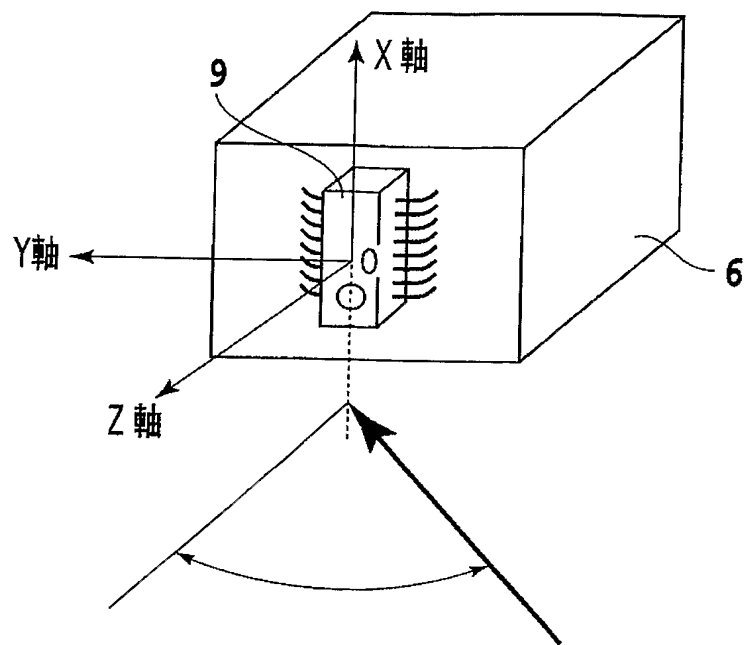
【図 11】



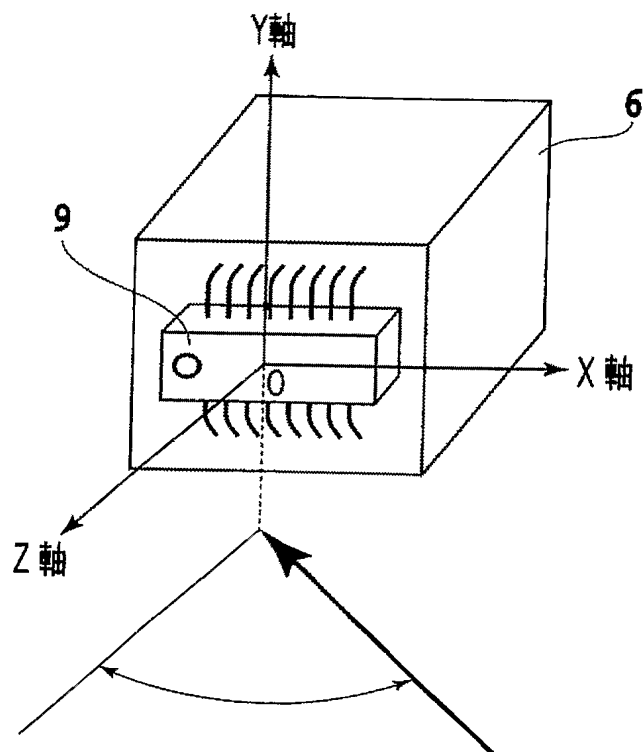
【図 12】



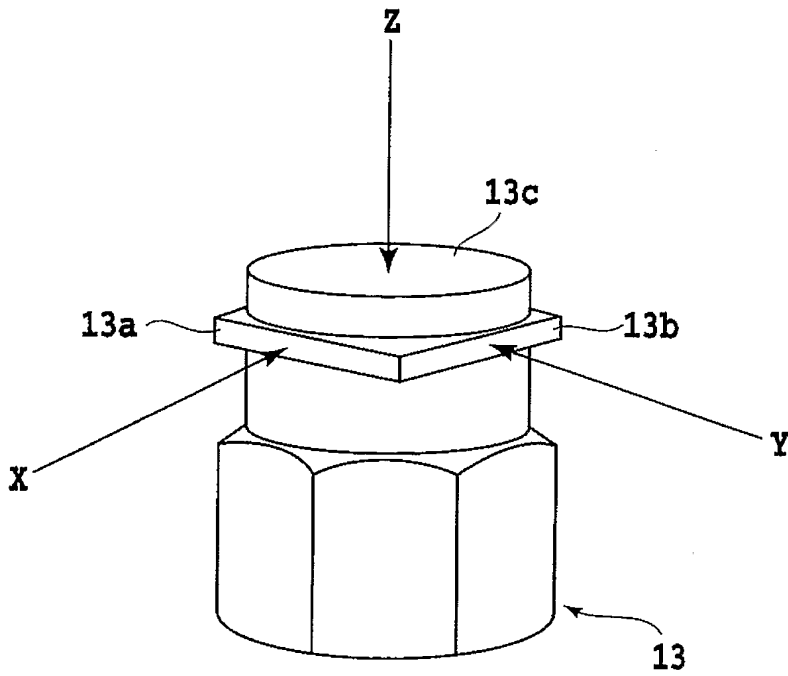
【図 13】



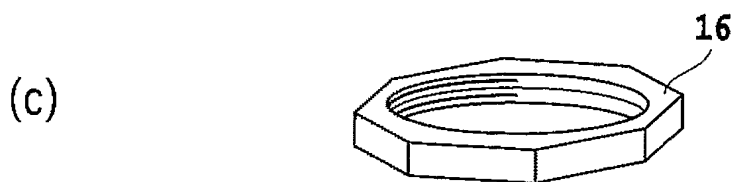
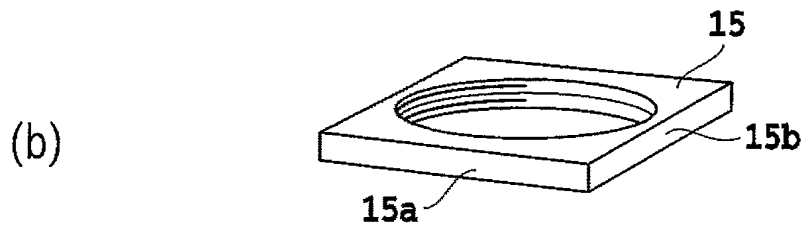
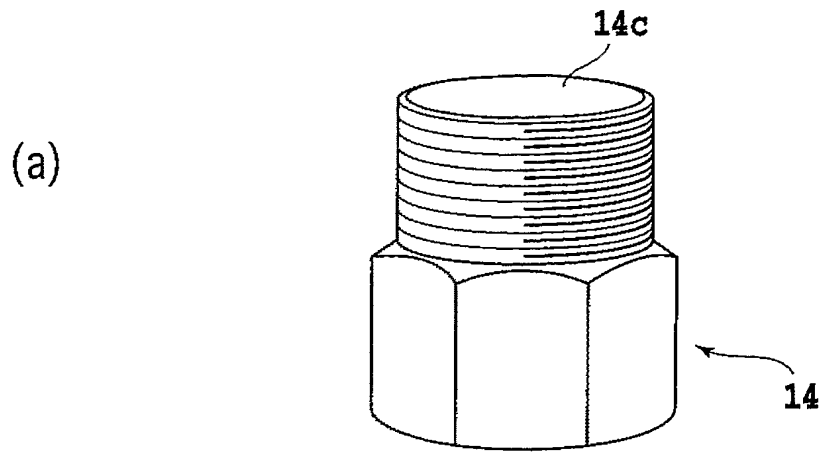
【図 14】



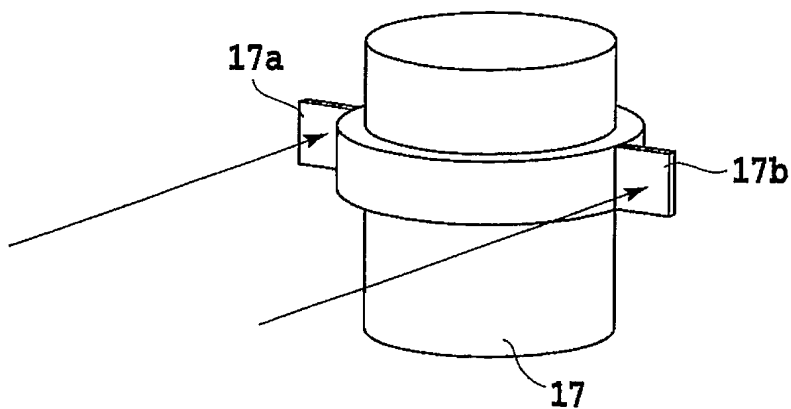
【図 15】



【図 16】

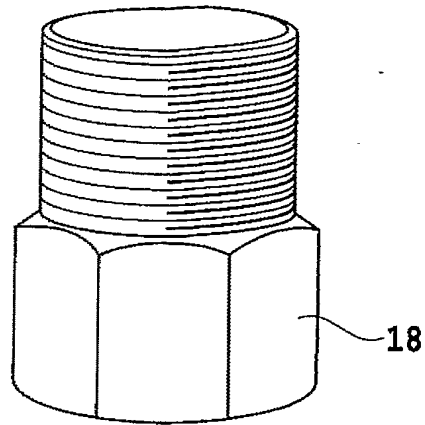


【図 17】

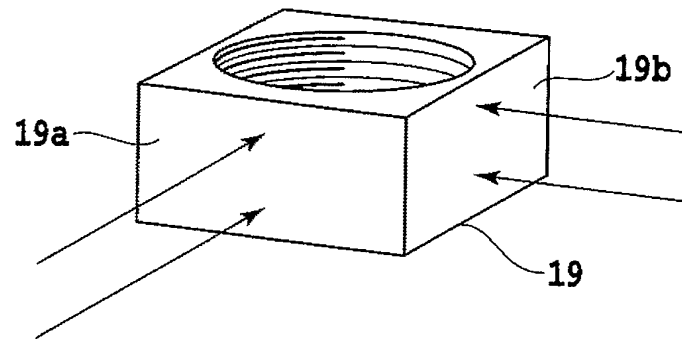


【図 18】

(a)



(b)

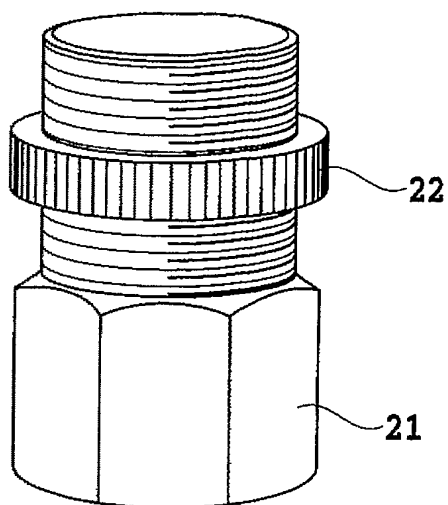


(c)

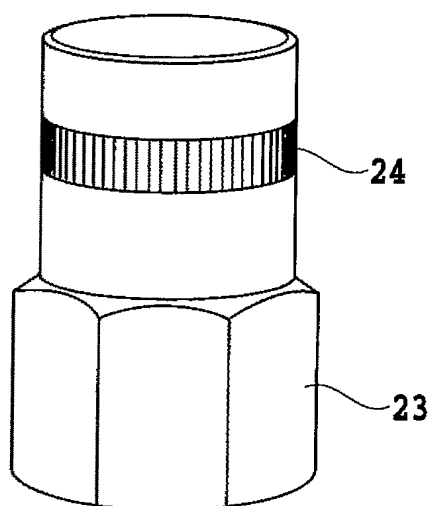


【図 19】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 加速度センサの感度マトリックスのなかの横感度を一軸振動台で求める。

【解決手段】

一軸振動台 11 の上部のテーブル 12 上に加速度センサ 5 に対して定義した X 軸の方向が、振動台のテーブル 12 の振動の方向と一致するように加速度センサ 5 を取り付けた立方体ブロック 6 を固定し、この状態でテーブル 12 を振動させ、加速度を測定する。主軸感度の計測と同様にして、加速度センサ 5 からの測定結果と、テーブル 12 の面の運動を独立に計測する計測装置の計測結果とに基づいて、X 軸に関する横感度  $S_{zx}$  を求める。同様にテーブル 12 上に加速度センサ 5 に対して定義した Y 軸の方向が、テーブル 12 の振動の方向と一致するように加速度センサ 5 を取り付けた立方体ブロックを固定し、Y 軸に関する横感度  $S_{zy}$  を求める。

【選択図】 図 7

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 1 0 2 7 3 6
受付番号	5 0 4 0 0 5 3 9 9 6 3
書類名	特許願
担当官	鎌田 枉規 8 0 4 5
作成日	平成 1 6 年 4 月 2 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成16年 3月31日



特願 2 0 0 4 - 1 0 2 7 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 3 0 1 0 2 1 5 3 3 ]

1. 変更年月日 2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区霞が関 1 - 3 - 1

氏 名 独立行政法人産業技術総合研究所